

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-144381

(43)Date of publication of application : 25.05.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/343

H01S 5/022

H01S 5/227

(21)Application number : 11-327879

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 18.11.1999

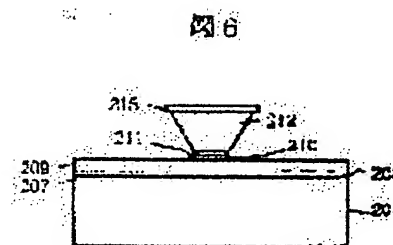
(72)Inventor : AOKI MASAHIRO  
TSUCHIYA TOMONOBU  
TAKEMOTO DAISAKU  
SUDO TSUTOMU  
SHIMIZU JUNICHIRO

## (54) LIGHT TRANSMISSION DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

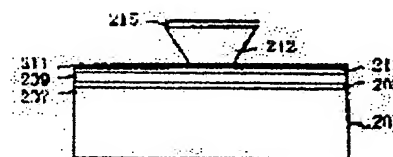
## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a structure of a laser element of indium/potassium/ aluminum/arsenic mixed crystal and a ridge-loaded type which can be realized by a simple manufacturing method and can operate at a low threshold and at a high speed with high output, and also to provide a method for manufacturing the element and a light transmission device using it.

**SOLUTION:** Upon manufacturing an optical waveguide of an InP-based ridge load type, an InGaAlAs mixed crystal having a composition wavelength of 1.16  $\mu\text{m}$  or higher is used for an etching stop layer 211 to obtain desired ridge waveguide shapes (212, 215). In particular, when a ridge sidewall is made in the form of an inverted mesa, element characteristics are greatly improved through the enlargement of an electrode contact width and constriction of a light emission region, thus forming a light transmission device.



(a)



(b)

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-144381  
(P2001-144381A)

(43) 公開日 平成13年 5 月25日 (2001.5.25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 1 S	5/343	H 0 1 S	5 F 0 7 3
	5/022		
	5/227		

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-327879

(22) 出願日 平成11年11月18日 (1999. 11. 18)

(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地  
(72) 発明者 青木 雅博  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72) 発明者 土屋 朋信  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(74) 代理人 100068504  
弁理士 小川 勝男 (外 1 名)

最終頁に続く

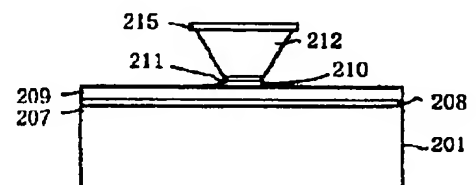
(54) 【発明の名称】 光送信装置及びその製造方法

(57) 【要約】

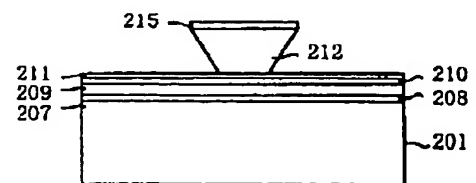
【課題】簡易な作製法で実現でき、低しきい値でかつ高出力かつ高速度動作するインジウム・ガリウム・アルミニウム・砒素混晶系リッジ装荷型レーザの素子構造、作製方法及びこれを用いた光送信装置を実現する。

【解決手段】インジウム・ガリウム・アルミニウム・砒素混晶系リッジ装荷型光導波路を作製する際、組成波長が1.16  $\mu$ m以上のInGaAlAs混晶をエッチング停止層211に用いることにより所望のリッジ導波路形状(212, 215)を得る。特に、リッジ側壁形状を逆メサ形状にした場合において、電極接触幅の拡大、発光領域の狭窄化を通じて素子特性を大きく向上する光送信装置を構成する。

図 6



(a)



(b)

**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】波長が 1.2  $\mu\text{m}$  から 1.7  $\mu\text{m}$  の光を放出する半導体レーザを光源としたリッジ導波路をもつ半導体光素子を有する光通信装置であって、上記リッジ導波路の底面部の半導体の表面層に組成波長が 1.16  $\mu\text{m}$  以上のインジウム・ガリウム・アルミニウム・砒素の四元混晶層が形成されたことを特徴とする光送信装置。

【請求項 2】上記半導体レーザの活性層が多重量子井戸構造で形成され、上記活性層の井戸層又は障壁層の少なくとも一方がインジウム・ガリウム・アルミニウム・砒素の四元混晶層であることを特徴とする請求項 1 に記載の光送信装置。

【請求項 3】上記リッジ導波路の断面形状が (111) A 面のリッジの側壁を有する逆台形であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光送信装置。

【請求項 4】上記リッジ導波路の断面形状が矩形であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光送信装置。

【請求項 5】請求項 4 又は 5 に記載の光送信装置を構成する上記半導体光素子の製造方法であって、臭化水素酸水溶液、臭化水素酸と燐酸の混合水溶液、塩化水素酸水溶液又は塩化水素酸と燐酸の混合水溶液のいずれかを用いて上記リッジ導波路のリッジ形成をするウェットエッチング処理を行なうことを特徴とした半導体光素子の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、光送信装置及び光素子の製造方法、更に詳しくいえば、半導体レーザを光源としたリッジ導波路をもつ光素子を有する光通信装置及びリッジ導波路をもつ光素子に係り、特に光通信装置、光通信システム、光ネットワークに用いる好適な光送信装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】光通信装置、光通信システム等においては、動作特性が優れ、小型かつ経済性に優れた光素子が必要不可欠である。そのような光素子として、従来、リッジ装荷型光導波素子はその製造において結晶成長が 1 回で済み、埋込構造のレーザに比べ作製工程が非常に簡易であるため、これを用いたインジウム燐系のリッジ装荷型レーザは良好な素子信頼性も報告されている。

【0003】一般に、インジウム燐 (InP) 系のリッジ装荷型レーザの作成では、そのリッジ導波路を形成製する際、塩化水素酸 (塩酸) や臭化水素酸 (臭酸) によるウェットエッチングをが行われる。この際、InP クラッド層のエッチングを活性層直上で自動停止するためのエッチング停止層を用いている。従来の長波長帯レーザの活性層材料であるインジウム・ガリウム・砒素・燐 (InGaAsP) 混晶系においては組成波長 1.15  $\mu\text{m}$  以上の InGaAsP をエッチング停止層としてに用いる方法が知られている。

【0004】一方、長波長帯レーザの新たな活性層材料であるインジウム・ガリウム・アルミニウム・砒素 (InGaAlAs) 混晶系においては、エッチング停止層として組成波長 1.15  $\mu\text{m}$  の InGaAlAs 層を用いた例があるが、注意深いエッチング時間の管理をしないと望ましいリッジ形状が形成できないことが指摘されている。すなわち、InGaAlAs 系は特に高温での安定動作が期待できる材料であるが、リッジ導波路のエッチングが安定に実現できない問題がある。

【0005】この問題を解決する目的で反応性イオンエッチングによる InP 層と InAlAs 層の選択的エッチングが利用されている。この反応性イオンエッチングは、メサの形状制御が困難かつ複雑であるという問題がある。

【0006】なお、前者のリッジ装荷型レーザとして関連する記載がある文献として、例えばアブライド・フィジックス・レター、59 分冊、26 号、3381-3383 頁、1991 年、12 月が挙げられる。また、後者に関連する記載がある文献として、エレクトロニクス・レターズ、29 分冊、2 号、210-211 頁、1993 年、1 月が挙げられる。反応性イオンエッチングによる InP 層と InAlAs 層の選択的エッチングに関連する記載がある文献として、エレクトロニクス・レターズ、31 分冊、18 号、1584-1585 頁、1995 年、8 月が挙げられる。

**【0007】**

【発明が解決しようとする課題】本発明は、極めて簡易なウェットエッチングによる作製法で実現可能で、かつ低しきい値で、高出力かつ高速度動作を可能なインジウム・ガリウム・アルミニウム・砒素混晶系リッジ装荷型レーザを含む光素子構造、作製方法及びこれを用いた光送信装置を提供することを目的とする。

【0008】本発明の他の目的は、レーザの他に、光増幅器、光変調器、光スイッチ、光検出器のうち少なくとも一つを集積したインジウム燐系集積化光導波素子に適用した場合の好適な光源素子構造、作製方法及びこれを用いた光送信装置を提供することである。

**【0009】**

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の光送信装置は、波長が 1.2  $\mu\text{m}$  から 1.7  $\mu\text{m}$  の光を放出する半導体レーザを光源として含む半導体光素子を有する光通信装置において、上記光源をリッジ導波路をもつ半導体レーザで構成し、上記リッジ導波路の底面部の半導体最表面層を組成波長が 1.16  $\mu\text{m}$  以上のインジウム・ガリウム・アルミニウム・砒素の四元混晶層で形成した。

【0010】また、本発明の半導体光素子の製造方法は、上記光送信装置を構成するインジウム燐系リッジ装荷型光導波路を作製する際、組成波長が 1.16  $\mu\text{m}$  以上のインジウム・ガリウム・アルミニウム・砒素混晶を

エッチング停止層に用い、臭化水素酸水溶液又は臭化水素酸とリン酸の混合水溶液、あるいは塩化水素酸水溶液又は塩化水素酸とリン酸の混合水溶液を用いてエッチング処理を行い上記光導波路のリッジ部を形成する。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】<実施の形態1>図1は、本発明による光送信装置の実施例の側断面図を示す。図1

(a)及び(b)は、それぞれ光送信装置の外形が同軸型の場合及び平面型の場合を示す。(a)及び(b)で同一機能及び構成部は同じ番号で示す、光送信装置101は、波長1.3 $\mu$ m帯の高速光変調信号を生成する光送信装置である。図1に示すように、光送信装置101は(a)及び(b)いずれの構成においても、筐体102、分布帰還型半導体レーザ103、後端面光出力モニタ用のフォトダイオード104、シリコン基板105、非球面レンズ106、アイソレータ107、ファイバスリーブ108、光ファイバ109から構成される。半導体レーザ103は、後で詳細に説明するように、リッジ導波路もつを分布帰還型半導体レーザ103であって、上記リッジ導波路の底面部の半導体最表面層に組成波長が1.16 $\mu$ m以上のインジウム・ガリウム・アルミニウム・砒素の四元混晶層が形成される。

【0012】<実施の形態2>図2は本発明による光送信装置の他の実施例の構造を示す斜視図である。本実施例は波長1.55 $\mu$ m帯の光変調器内臓の光送信装置を構成している。図に示すように、光送信装置の構成は大きく分けて、筐体301、温度調整器302、モニタ用受光素子303、電気入力線304、半導体光素子実装基板305、半導体光素子部306、光学レンズ307、光アイソレータ308、光ファイバ309、ファイバスリーブ310からなる。

【0013】半導体光素子部306は、後述のように、リッジ導波路もつを分布帰還型半導体レーザ103であって、上記リッジ導波路の底面部の半導体最表面層に組成波長が1.16 $\mu$ m以上のインジウム・ガリウム・アルミニウム・砒素の四元混晶層が形成されている。また、筐体301、温度調整器302、モニタ用受光素子303、電気入力線304、光学レンズ307、光アイソレータ308、光ファイバ309、ファイバスリーブ310は従来知られている技術を用いて作製されたものである。

【0014】半導体光素子実装基板305は窒化アルミニウム材料からなる。さらに基板表面には電気抵抗値50 $\Omega$ の終端抵抗311が従来知られている方法により搭載されている。本実施例の要部である半導体光素子部306、即ち半導体レーザ、リッジ導波路を含む半導体光素子の構成の詳細について以下説明する。

【0015】図3は、図2のリッジ導波路を含む半導体光素子306の拡大斜視図及びその一部断面図である。n型(100)InP半導体基板401に、リッジ導波

部413が形成されている。基板401上でリッジ導波部413の両側はシリコン酸化膜402で覆われ、シリコン酸化膜402及びリッジ導波部413上面にわたりレーザ駆動電極403が形成されている。また、リッジ導波部413の光導出部の上部及びシリコン酸化膜402にわたり光変調器駆動用電極404が形成され、電極404とシリコン酸化膜402との間に低容量化パッド405が形成されている。リッジ導波部413の底部には、拡大図(丸で囲む部分で、リッジ導波部413の光伝播方向に沿った断面を示す)に示すように、レーザ活性層408、光変調器吸収層409が積層されている。レーザ活性層408には波長1.55 $\mu$ m帯のInGaAlAsからなる多重量子井戸構造を、光変調器吸収層409には波長約1.50 $\mu$ mのInGaAsPからなる多重量子井戸構造をそれぞれ有している。両者の導波路は公知のバットジョイント法により直接結合されている。レーザ活性層408の最上層には組成波長1.30 $\mu$ mのInGaAlAs層410を、光変調器吸収層409の最上層には組成波長1.20 $\mu$ mのInGaAsP層411をそれぞれエッチング停止層として形成している。レーザ活性層408の下部には回折格子層412が形成されている。以上の半導体光素子を用いた光送信装置の構成により、毎秒10ギガビット以上の高速で長距離伝送可能な光送信装置を容易に実現できた。

【0016】<実施の形態3>図4は、本発明の光伝送装置に使用する半導体光素子の一実施例の作製方法の工程図を示す。

【0017】(a)に示すように、n型(100)InP半導体基板201上に有機金属気相成長法によりn型InPバッファ層0.5 $\mu$ m202、n型InGaAsP下側回折格子層(組成波長1.15 $\mu$ m)0.05 $\mu$ m203、n型InPキャップ層0.01 $\mu$ m204を順次成長する。

【0018】(b)続いて、 $\lambda/4$ 位相シフト型回折格子205を公知のパターン作製手法及び選択的ウェットエッチングにより作製する。

【0019】(c)続いて、この回折格子基板205上に、n型InPバッファ層0.2 $\mu$ m207、n型InAlAsバッファ層0.05 $\mu$ m208、傾斜組成光閉じ込め構造を有する7周期の多重量子井戸層(6.0nm厚の1.5%圧縮歪InGaAlAs(組成波長1.40 $\mu$ m)井戸層、8nm厚のInGaAlAs(組成波長1.0 $\mu$ m)障壁層)209、p型InAlAs第一クラッド層0.05 $\mu$ m210、p型InGaAlAs(組成波長1.20 $\mu$ m)エッチング停止層0.03 $\mu$ m211、p型InP第二クラッド層1.7 $\mu$ m212、p型InGaAsP(組成波長1.15 $\mu$ m)第一バリア低減層0.03 $\mu$ m213、p型InGaAsP(組成波長1.55 $\mu$ m)第二バリア低減層0.03 $\mu$ m214、p型InGaAsコンタクト層0.2 $\mu$ m2

15を有機金属気相成長法により順次成長する。

【0020】(d) 続いて、第一バリア低減層213、第二バリア低減層214、コンタクト層215を公知の手法により横幅約 $4.0\mu\text{m}$ のストライプ形状に加工する。ここでストライプ方向は[011]とする。

【0021】(e) 次に、臭化水素酸水溶液又は臭化水素酸と燐酸の混合水溶液によるウェットエッチングを用いて、図に示すような逆メサ形状の断面を有するリッジ導波路形状を形成する。ここで、p型InP第二クラッド層210のエッチングはエッチング停止層211において自動的に停止する。

【0022】この後、公知の手法に従い半導体レーザに素子加工し、図5にその断面図を示すように、レーザp側電極216、レーザn側電極217及び低反射膜218を付加し、最終構造の半導体レーザを得る。

【0023】図6は本発明の光伝送装置に使用するリッジ導波路を含む半導体光素子の作製において、エッチング停止層のInGaAlAs組成を変えた場合のリッジ導波路エッチング後の導波路断面形状である。エッチングには臭化水素酸と燐酸の混合水溶液を用いた。なお、各層の番号は、図4の各層の表記と同じである。いずれのエッチング停止層211においても、リッジの側壁には上記エッチング液による侵食速度が最も遅い(111)A面が自然形成される。

【0024】一方、エッチング停止層211の部分に着目すると、InGaAlAs組成が $1.10\mu\text{m}$ の場合には、エッチングが完全には停止しないため、リッジ付けね部の形状が図6(a)に示すように変形する。この結果、活性導波路が剥き出しになるだけでなく、リッジ導波路形状の再現性等に大きな問題が生じる。この問題は、エッチング停止層のInGaAlAs組成波長が $1.15\mu\text{m}$ 以下の場合に生じ、InGaAlAs組成波長が短いほど顕著であることが判明した。

【0025】一方、エッチング停止層のInGaAlAs組成波長を $1.20\mu\text{m}$ に設定した場合においては、図6(a)に示すように、エッチング停止層上部211でエッチングが完全に停止しており、この結果所望のリッジ断面形状が得られている。

【0026】図7は臭化水素酸と燐酸の混合水溶液によるエッチングレート(InGaAlAs組成波長依存性を示す図である。組成波長の長波長化に伴い、エッチングレートは低下している。これは、Al組成の低減効果による。図から分かるように、 $1.16\mu\text{m}$ 以上のInGaAlAs層に対し、毎分 $1\text{nm}$ 以下の十分小さなエッチングレートが実現されている。リッジ導波路形成の際のエッチング時間は多くとも5乃至6分であるため、エッチング停止層がこの間に削られる量は5乃至 $6\text{nm}$ 以下と十分に少ない。この結果、 $1.16\mu\text{m}$ 以上のInGaAlAs層をエッチング停止層に用いた場合においては再現性良く所望の形状のリッジ導波路を形成する

ことができる。この効果は単に、素子の所望形状を得るだけではなく、リッジ導波路素子の信頼性向上も付与する。

【0027】作製した $1.3\mu\text{m}$ 帯の分布帰還型半導体レーザモジュールは室温、連続条件においてしきい値電流 $8\text{mA}$ 、発振効率 $0.15\text{W/A}$ であった。又は、 $85^\circ\text{C}$ の高温においてもしきい値電流 $25\text{mA}$ 、発振効率 $0.10\text{W/A}$ と良好な発振特性を得た。この温度における緩和振動周波数は $10\text{GHz}$ であった。

【0028】また、臭化水素酸と燐酸の混合水溶液によるエッチングによれば、前述のようにリッジ導波の断面形状が逆台形となり、リッジの側壁と基板平面のなす角度は $85^\circ$ 以下となり、電極接触幅の拡大、発光領域の狭窄化を通じて素子特性を大きく向上することができる。

【0029】以上、本発明の本実施例について説明したが、本発明は実施例に限定されるものではない。上記実施例は、分布帰還型半導体レーザをについて説明したが、本発明は $1.3\mu\text{m}$ 帯のみならず $1.55\mu\text{m}$ 帯や他の波長帯の分布帰還型半導体レーザにも適用できる。また、実施例では主として、半導体光素子は、半導体レーザについて説明したが、さらに光増幅器、光変調器、光スイッチ、光検出器少なくとも一を体集積したものも含まれる。また、半導体レーザの構成においても、実施例では回折格子の形成される位置は活性層の下側に位置していたが、活性層の上側に回折格子が形成された場合においても同様の効果が得られる。さらに、本発明はフェブリペロ型半導体レーザモジュールにも適用可能である。

【0030】また、リッジの形成のための、ウェットエッチングは、塩化水素酸水溶液又は塩化水素酸と燐酸の混合液等の塩酸系エッチャントを使用することにより、リッジの断面形状を矩形即ち垂直リッジ構造、あるいは台形としてもよい。

【0031】

【発明の効果】本発明に係る光送信装置によれば、容易な手法でリッジ導波路型光素子を用いた光送信装置を実現できる。さらに、高信頼の光送信装置を低コストで容易に実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光送信装置の一実施例の側断面図である。

【図2】本発明による光送信装置の他の実施例の構造を示す斜視図である。

【図3】図2のリッジ導波路を含む半導導波型光素子の拡大斜視図及びその一部断面図である。

【図4】本発明による光伝送装置に使用する半導導波型光素子の一実施例の作製方法の工程図を示す。

【図5】図4の作成方法で構成された半導体レーザの断面図である。

【図6】本発明の効果を説明するための図である。

【図7】エッチングレートのInGaAlAs組成波長依存性を示す図である。

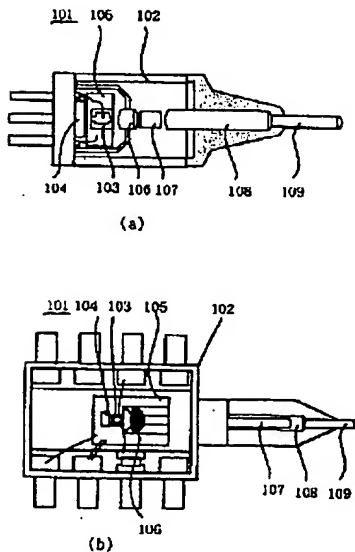
【符号の説明】

101…送信装置、102…筐体、103…分布帰還型半導体レーザ、104…フォトダイオード、105…シリコン基板、106…非球面レンズ、107…アイソレータ、108…ファイバスリーブ、109…光ファイバ、201…n型(100)InP半導体基板、202…n型InPバッファ層、203…n型InGaAsP下側回折格子層、204…n型InPキャップ層、205… $\lambda/4$ 位相シフト型回折格子、206…回折格子基板、207…n型InPバッファ層、208…n型InAlAsバッファ層、209…多重量子井戸層、210…p型InAlAs第一クラッド層、0.05 $\mu$ m、211…p型InGaAlAsエッチング停止層、212…

p型InP第二クラッド層、213…p型InGaAsP第一バリア低減層、214…p型InGaAsP第二バリア低減層、215…p型InGaAsコンタクト層、216…レーザp側電極、217…レーザn側電極、218…低反射膜、301…筐体、302…温度調整器、303…モニタ用受光素子、304…電気入力線、305…半導体光素子実装基板、306…半導体光素子部、307…光学レンズ、308…光アイソレータ、309…光ファイバ、310…ファイバスリーブ、401…n型(100)InP半導体基板、402…シリコン酸化膜、403…レーザ駆動用電極部、404…光変調器駆動用電極部、405…低容量化パッド、406…低反射膜、407…高反射膜、408…レーザ活性層、409…変調器光吸収層、410…レーザ部エッチング停止層、411…変調器部エッチング停止層、412…回折格子。

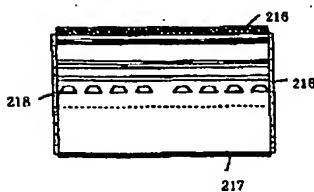
【図1】

図1



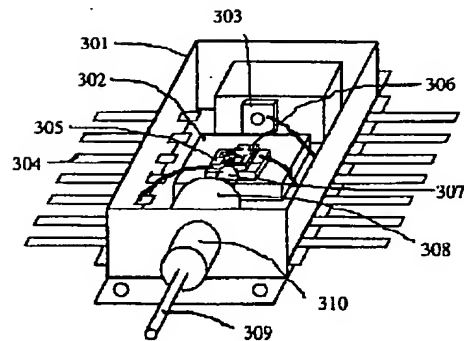
【図5】

図5



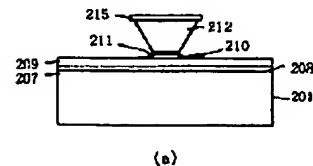
【図2】

図2

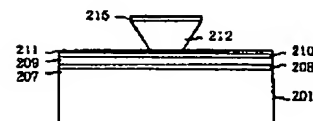


【図6】

図6

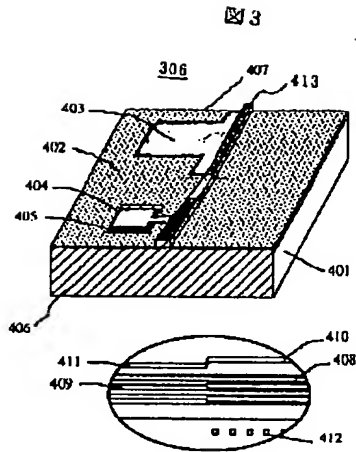


(a)



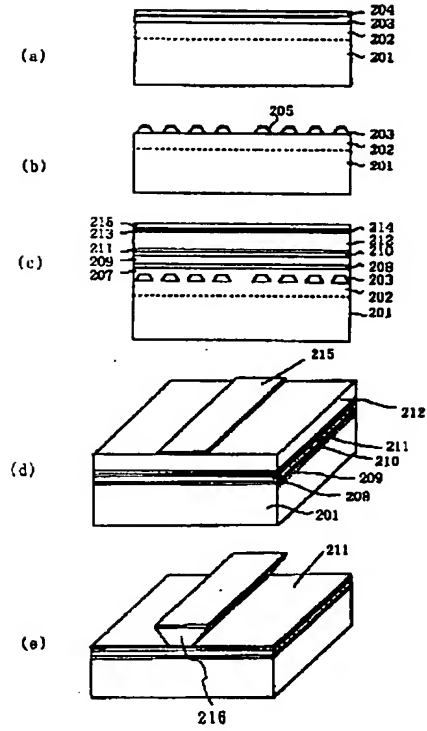
(b)

【図3】



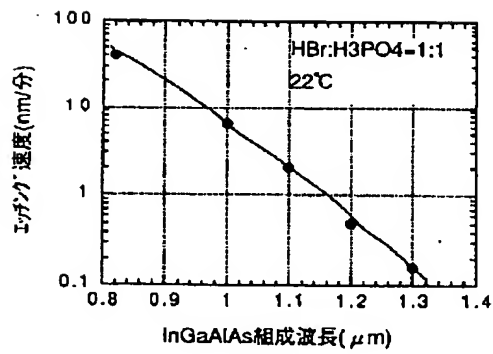
【図4】

図4



【図7】

図7



フロントページの続き

(72)発明者 武本 大作

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 須藤 剣

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 清水 淳一郎

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 5F073 AA13 AA53 AA64 AA74 BA01  
CA15 CB02 DA05 DA22 EA14  
EA23 EA24